ChinaXiv合作期刊

第 38 卷第 2 期
2018 年 1 月

生 态 学 报
ACTA ECOLOGICA SINICA

Vol.38,No.2
Jan.,2018

DOI: 10.5846/stxb201608301763
商慧敏,郗敏,李悦,孔范龙,王森.胶州湾滨海湿地生态系统服务价值变化.生态学报,2018,38(2):421-431.
Shang H M, Xi M, Li Y, Kong F L, Wang S.Evaluation of changes in the ecosystem services of Jiaozhou Bay coastal wetland.Acta Ecologica Sinica,2018,38(2):421-431.

胶州湾滨海湿地生态系统服务价值变化

商慧敏,郗 敏,李 悦*,孔范龙,王 森
青岛大学环境科学与工程学院, 青岛 266071

摘要:为科学的评估青岛胶州湾滨海湿地生态系统服务功能的变化特点并明确其驱动因素,通过构建生态系统服务评价体系,综合运用生态学和经济学方法,对 2005 年、2010 年和 2015 年胶州湾滨海湿地生态系统的供给、调节和文化 3 大类共 12 项生态服务的价值进行了评估。结果表明,气候调节和水产品生产是胶州湾滨海湿地生态系统的两大核心功能,二者占到服务总价值的 90%以上;调节服务是其主要的服务类型,占到总服务价值的 60%以上;2005 年、2010 年和 2015 年胶州湾滨海湿地生态系统服务总价值呈递减趋势,分别为 1419.73×10^7元、1343.91×10^7元和 1239.23×10^7元。湿地面积减少、湿地功能退化是造成胶州湾滨海湿地生态系统服务价值总体呈下降趋势的直接原因,不合理围垦、过度开发生物资源、水污染严重是造成湿地面积减少、功能退化的人为因素,气候条件的不利变化是造成湿地环境进一步恶化的自然因素。建议以生态系统服务价值为指导,将评估结果纳入到决策体系中,加强对青岛胶州湾滨海湿地现有资源的保护和生态恢复。

关键词:滨海湿地; 生态系统服务; 胶州湾; 服务价值评估

Evaluation of changes in the ecosystem services of Jiaozhou Bay coastal wetland

SHANG Huimin, XI Min, LI Yue*, KONG Fanlong, WANG Sen
College of Environmental Sciences and Engineering, Qingdao University, Qingdao 266071, *China*

Abstract: Jiaozhou Bay in Qingdao, as a typical coastal wetland in China, was selected as a case study to scientifically evaluate the changing characteristics of Jiaozhou Bay coastal wetland ecosystem services and clarify their drivers. The valuation of ecosystem services and an integrated method of economy and ecology were applied to estimate the value of the Jiaozhou Bay coastal wetland ecosystem. The ecosystem service functions of Jiaozhou Bay coastal wetland were divided into three main categories, namely, provisioning, regulating, and cultural services. The above three categories were further subdivided into 12 subcategories. The analysis of drivers was based on the evaluation. The main functions of Jiaozhou Bay coastal wetland are climate regulation and provision of aquatic products, the values of which account for more than 90% of the total ecosystem service value. The main service category of Jiaozhou Bay coastal wetland is the regulating service, the value of which accounted for more than 60% of the total ecosystem service value. Total value of ecosystem services for Jiaozhou Bay coastal wetland in 2005, 2010, and 2015 was 1419.73 × 10^7, 1343.91 × 10^7, and 1239.23 × 10^7 RMB, respectively, showing a decreasing trend. The reduction in wetland area and the degradation of wetland function are the main factors leading to the downward trend in the service value of coastal wetland ecosystem in Jiaozhou Bay. Unreasonable reclamation, overdevelopment of biological resources, and severe pollution of water are the factors that result in the reduction and degradation of wetland. Adverse change in climate conditions is the natural factor contributing to the further deterioration of the wetland environment. It is necessary to strengthen natural resource conservation and ecological restoration in Jiaozhou Bay coastal wetland by using ecosystem service value as a guide and taking assessment results into account in the

基金项目:国家自然科学基金项目(41771098);山东省自然科学基金项目(ZR2014DQ028,ZR2015DM004)
收稿日期:2016-08-30; **网络出版日期:**2017-09-14

* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: qdenv@ 126.com

chinaXiv:201801.00481v1
www.ecologica.cn

ChinaXiv合作期刊

decision-making process.

Key Words: coastal wetland; ecosystem service; Jiaozhou Bay; service value evaluation

生态系统服务是指人类直接或间接从生态系统得到的利益[1-2]。对生态系统服务价值进行评估有利于人类更深入的理解自然生态系统的运行过程及内在机制,更清楚的认识到生态系统为人类提供的各项服务功能的重要性,其研究成果为人类更好的主动协调人地关系、制定对自然的管理决策提供了科学依据,从而保证了人类社会发展的可持续性[3]。自 Costanza 等[4]和千年生态系统评估(Millennium Ecosystem Assessment, MA)[5]关于生态系统服务的研究发表以来,人们逐渐认识到生态系统服务在维持人类生存和社会经济可持续发展方面的重要作用,生态系统服务研究逐渐成为生态学和经济学研究的热点。目前,国内外对生态系统服务价值评估研究较多,如 Adekola 等对尼日尔三角洲湿地的服务价值进行了评估并对其社会分配进行了分析[6];Luisetti 等以英国北部海岸为例对海岸带生态服务进行了评估,可以为政策的制定提供有力参考[7];Camacho-Valdez 等主要是通过市场价值转移的方法对墨西哥西北部滨海湿地的生态系统服务进行估算,并认为在未来应该优先考虑保护环境[8];刘永杰等应用市场价值、影子价格、机会成本等方法对神农架自然保护区森林生态系统服务价值进行评估[9];王斌等通过多种方法定量评估了浙江省滨海湿地的直接和间接服务价值[10];崔丽娟等采用多种生态经济学方法对扎龙湿地的最终生态服务进行了评价[11]。总体而言,国外对于不同类型的生态系统服务价值研究较为全面,研究方法较为成熟,研究方向趋向于生态服务价值随时空方向的演变及对土地利用类型变化的响应,国内近年对生态系统服务价值评估的理论和方法都已比较完善,但在评估类型上大多偏向西部干旱半干旱的各种生态系统(森林、草地、荒漠),对湿地研究尤其是滨海湿地的研究较少[12],在评估时段上多以现状评价为主,对某一区域进行连续的或多时间段的动态价值评估的研究不足[9-11]。而对滨海湿地生态系统服务功能的价值进行动态的变化研究,在分析滨海湿地生态系统的演变过程,分析人类活动对其生态系统服务价值的影响方面都有重要意义[13-14]。

本文以胶州湾滨海湿地生态系统为例,研究了胶州湾滨海湿地 2005 年、2010 年和 2015 年生态系统服务价值的动态变化,并对造成变化的驱动因素进行分析,以期提高社会对滨海湿地生态系统保护的认识,为建立滨海型湿地生态系统服务价值评估体系提供参考,为管理和保护胶州湾滨海湿地生态系统提供依据。

1 研究区域和研究方法

1.1 研究区概况

胶州湾位于山东半岛南部,以团岛头与薛家岛脚子石连线为界,是一个伸入陆域、与黄海相通的半封闭内湾,具有典型的滨海湿地特征(图 1)。胶州湾湿地是目前山东半岛面积最大的河口海湾型湿地,已被列入《国家重要湿地保护名录》。汇入胶州湾的主要河流有大沽河、白沙河、李村河、墨水河及海泊河等,其中大沽河流量最大,约占大沽河、墨水河、白沙河及洋河 4 条河总流量的 85.6%。胶州湾地区属北温带季风气候,受海洋季风调节,空气湿润,温度适中,四季分明,有明显的海洋气候特点,多东南风和海雾。当地年平均气温 12℃,最高温度在 8 月,最低温度在 1 月,年平均降水量为 900mm,年内分布极不均匀,7 月最多,1 月最少。

1.2 数据来源与价值核算

本文的评估数据主要来源于青岛市海洋与渔业局统计资料、青岛市气象局天气统计资料、青岛市历年统计年鉴[15-17]以及文献资料[18-25]。湿地范围参照湿地定义以及青岛市胶州湾湿地保护红线[26]来确定。

胶州湾滨海湿地生态系统服务总价值的计算模型可以表示为:

$$ESV = V_p + V_r + V_c = \sum V_{pi} + \sum V_{ri} + \sum V_{ci} \tag{1}$$

式中,ESV 表示湿地生态系统服务的总价值,V_p表示湿地生态系统服务的供给价值,V_r表示湿地生态系统服务的调节价值,V_c 表示湿地生态系统服务的文化价值,$\sum V_{pi}$,$\sum V_{ri}$,$\sum V_{ci}$则表示各服务指标价值之和。胶州湾滨

chinaXiv:201801.00481v1
www.ecologica.cn

ChinaXiv合作期刊

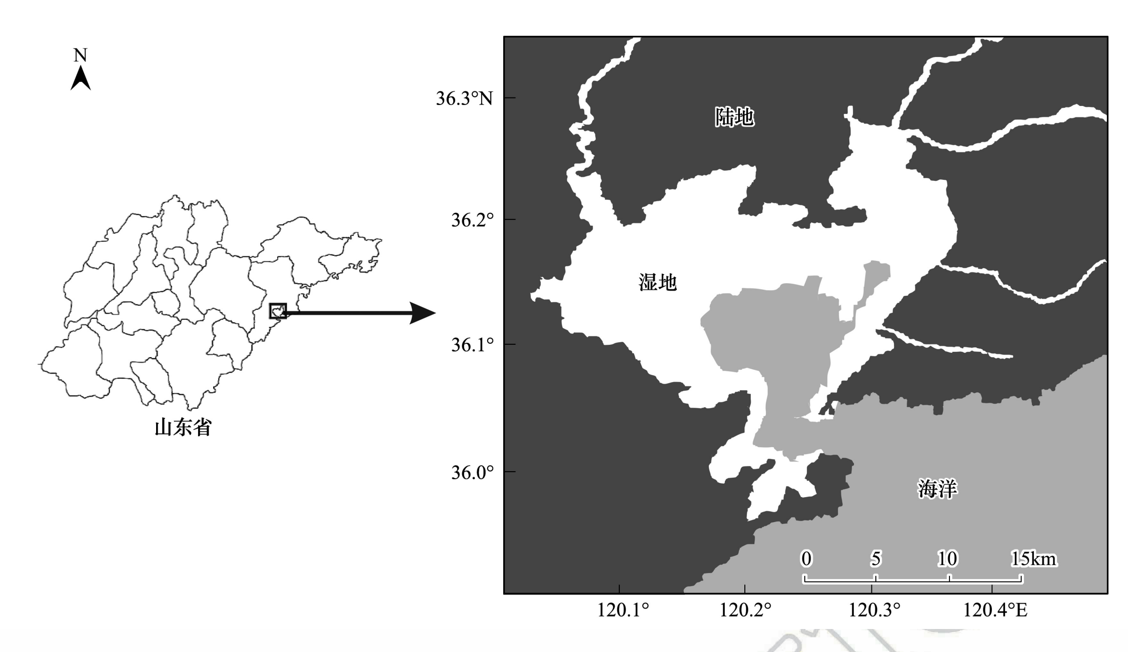


图 1　胶州湾滨海湿地区位图

Fig.1　Location map of Jiaozhou Bay coastal wetland

海湿地生态系统服务价值核算具体公式、参数及评价方法见表 1。

表 1　胶州湾滨海湿地生态系统服务价值核算表

Table 1　Value accounting of ecosystem service in Jiaozhou Bay coastal wetland

评价项目 Items	评价指标 Valuation indicators	计算公式 Formula	参数说明 Valuation parameter	评价方法 Valuation methods
供给服务 Provisioning services	水产品生产	$V_{p1}=\sum(Q_i \times P_i)$	V_{p1}为水产品供给价值,Q_i为第 i 种水产品的产量,P_i为第 i 种水产品的平均单位价格	市场价值法[11]
	植物资源	$V_{pz}=Q_z \times P_z$	V_{pz}为藻类价值,Q_z为藻类产量,P_z为藻类单价	市场价值法[11]
	原盐产出	$V_{p3}=Q_s \times P_s$	V_{p3}为原盐产出价值,Q_s为原盐产出量,P_s为原盐单价	市场价值法[3]
调节服务 Regulating services	供水蓄水	$V_{r1}=Q_{r1} \times P_{r1}$	V_{r1}为供水蓄水价值,Q_{r1}为胶州湾湿地的蓄水量,P_{r1}为单位库容水库的建造成本	影子工程法[27]
	水质净化	$V_{r2}=\sum(Q_{rj} \times P_{rj})$	V_{r2}为水质净化价值,Q_{rj}为第 j 种污染物的排放量,P_{rj}为第 j 种污染物单位处理的成本	污水处理成本法[11]
	提供生境	$V_{r3}=A \times P_{r3}$	V_{r3}表示胶州湾滨海湿地生态系统提供的生境价值,A 表示当年胶州湾湿地面积,P_{r3}表示单位面积自然保护区投入保护费用	替代成本法[10]
	气候调节	$V_{r4}=Q_{r4} \times Q_e \times P_{r4}$	V_{r4}为气候调节价值,Q_{r4}为胶州湾湿地的水面蒸发量,Q_e为单位体积水量转化为蒸汽耗电量,P_{r4}为青岛电价	替代成本法[11,13]
	减缓土壤侵蚀	$V_{r5}=A \times P_{re}$	V_{r5}为减缓土壤侵蚀价值,A 为胶州湾当年湿地面积,P_{re}为湿地保护的价值当量	成果参照法[28]
	固碳	$V_{r6}=Q_{rc} \times P_{rc}$	V_{r6}为固碳价值,Q_{rc}为湿地的固碳量,P_{rc}为二氧化碳的造林成本	造林成本法[13]
	释氧	$V_{r7}=Q_{ro} \times P_{ro}$	V_{r7}为释氧价值,Q_{ro}为胶州湾湿地的释氧量,P_{ro}为氧气价格	工业制氧法[13]
文化服务 Cultural services	科研教育	$V_{c1}=A \times P_c$	V_{c1}为科研教育价值,P_c为单位面积的湿地生态系统的科研教育价值	成果参数法[29]
	滨海旅游	$V_{c2}=A/S \times P_t$	V_{c2}为滨海旅游价值,S 为青岛市面积,P_t为青岛市旅游总收入	费用支出法[29]

chinaXiv:201801.00481v1

ChinaXiv合作期刊

2 结果与讨论

2.1 指标体系的构建

本文根据研究区的生态特征及其社会经济特征,参考 MA[5] 中对生态系统服务的划分,将胶州湾滨海湿地生态系统服务划分为供给服务、调节服务、文化服务和支持服务,由于土壤形成、初级生产等支持服务是其他服务的基础,其价值可以在其他 3 类服务上得以体现,因此,在本研究中不对支持服务进行评估[30],最终建立共包含水产品生产价值、植物资源价值、原盐产出价值、供水蓄水价值、水质净化价值、提供生境价值、气候调节价值、减缓土壤侵蚀价值、固碳价值、释氧价值、科研教育价值和滨海旅游价值 12 个指标的评价体系(图 2)。

此体系中各指标的选择首先充分体现了研究区生态服务功能,同时考虑到了服务价值核算中的重复性计算问题,增强了核算的准确性,使得评价结果更有可信度。

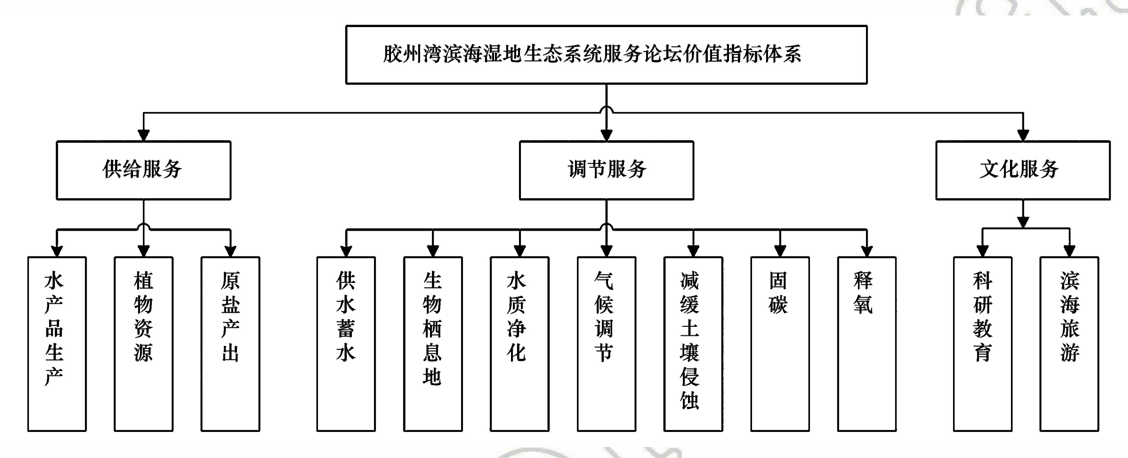


图 2 胶州湾滨海湿地生态系统服务价值指标体系

Fig.2 Valuation indicators of ecosystem services in Jiaozhou Bay coastal wetland

2.2 供给服务价值评估

2.2.1 水产品生产价值

根据青岛市海洋与渔业局统计资料,研究区提供的动物水产品主要有鱼类、虾蟹类、贝类,湿地水产品生产价值采用市场价值法进行估算,胶州湾水产品产量和生产价值分布情况分别如表 2 和图 3 所示,2005 年、2010 年和 2015 年胶州湾湿地生态系统的水产品生产价值分别为 456.47×10^7 元、442.51×10^7 元、420.51×10^7 元,呈现降低趋势。数据显示,2010 年与 2005 年相比,虽然水产养殖量有了一定幅度的增加,但长期以来胶州湾地区捕捞强度的增大,单一的作业方式使得优质鱼类难以形成渔汛[31],造成了其海洋捕捞量的大幅度下降,其中鱼类下降了 29.29%,而贝类则下降了 64.54%,这也直接导致了 2010 年比 2005 年水产品生产价值的降低。2015 年的水产品产量明显少于 2010 年则是因为近年来海洋捕捞量持续减少和部分水产品产量(主要是虾蟹类)的降低所致。此外,水环境恶化也严重破坏了渔业资源,沿海养殖业的不合理发展,使海水富营养化明显加重,进一步破坏水体生态环境,鱼类生存环境受到威胁[32]。

表 2 2005 年、2010 年和 2015 年胶州湾主要水产品产量/万 t

Table 2 Output of main aquatic products in Jiaozhou Bay

年份 Year	鱼类 Fish		虾蟹类 Crustacean		贝类 Shellfish	
	水产养殖量 Aquaculture yield	海洋捕捞量 Marine catches	水产养殖量 Aquaculture yield	海洋捕捞量 Marine catches	水产养殖量 Aquaculture yield	海洋捕捞量 Marine catches
2005	1.407	13.266	0.630	2.880	46.998	4.410
2010	2.613	9.380	1.920	2.880	48.554	1.564
2015	2.520	9.240	0.884	2.392	49.694	1.126

chinaXiv:201801.00481v1

ChinaXiv合作期刊

2.2.2　植物资源价值

研究区的植物资源价值主要以藻类的价值来核算,根据青岛市海洋与渔业局统计资料,将 2005 年、2010 年和 2015 年的胶州湾植物资源价值表示为图 3,植物资源价值从 2005 年的 0.41×10^7元逐渐增长到 2015 年的 1.01×10^7元。胶州湾海域基础生产力较高,是发展藻类养殖的优良海区。随着紫菜、海带等藻类养殖的大量推广,养殖面积的不断增加,使得藻类产值持续增加;藻类养殖技术的成熟在一定程度上也促进了藻类养殖产量和效益的增加[33-34]。在本文中,由于缺少青岛胶州湾地区的芦苇面积及产量的确切信息,因此植物资源价值由藻类价值替代,这在一定程度上会造成胶州湾滨海湿地生态系统植物资源价值偏低,但考虑到植物资源对总服务价值影响很小,因此可以忽略不计替代对本文研究结果产生的影响。

2.2.3　原盐产出价值

根据山东省盐务局及相关文献资料统计[18-19],得出研究年份的研究区的原盐产出价值图 3,原盐价值由 2005 年的 18.1×10^7元下降到 2015 年的 1.1×10^7元,其中 2005 年到 2010 年下降的尤其明显。

青岛作为我国海盐的发源地,盐业发展在全国一直处于先进水平,曾是我国北方四大著名海盐产区之一。但 21 世纪以来,由于城市规划和经济社会发展的需要,青岛的大部分盐田列入城市建设规划用地,盐田被一步步开发,自 2008 年青岛原盐年生产不到 20 万 t[34],青岛食盐基本依靠外部调入。已有研究也指出由于胶州湾地区盐田不断被开发,面积逐年减少,已经造成胶州湾地区湿地整体功能的退化,在一定程度上已经影响到整个青岛市的生态环境[19]。

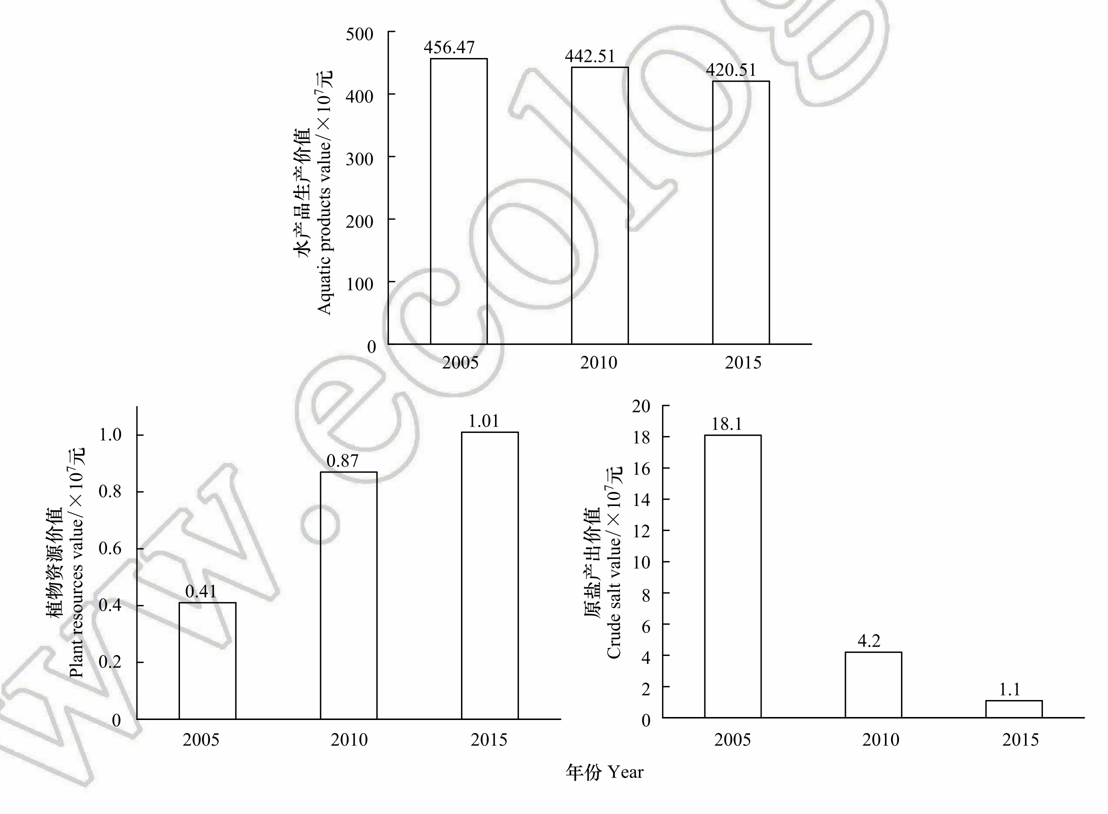


图 3　胶州湾滨海湿地生态系统供给服务价值变化

Fig.3　Changes in provisioning service values of Jiaozhou Bay coastal wetland ecosystem

2.3　调节服务价值评估

2.3.1　供水蓄水价值

滨海湿地生态系统具有强大的供水和蓄水功能,其水分调节功能与水库的作用十分相似,其价值可以采用影子工程法进行计算。汇入胶州湾的主要河流有大沽河、白沙河、洋河等,主要水库有棘洪滩水库等,单位蓄水量的库容成本为 0.67 元/m^3(1990 年不变价),据此可得出各年度胶州湾湿地生态系统的供水蓄水价值,

chinaXiv:201801.00481v1
www.ecologica.cn

ChinaXiv合作期刊

如图 4 所示。结果表明:2005 年到 2015 年胶州湾湿地的供水蓄水价值在逐年降低,主要原因一是湿地资源的不合理开垦,不断侵占自然湿地,植被覆盖率降低,造成湿地的供水蓄水能力降低;二是近年来的连续干旱,造成青岛水旱日益严重,因此降低了胶州湾湿地的供水蓄水功能,但这也从侧面表现出由于湿地整体功能退化,造成湿地蓄水功能降低,进一步加剧青岛旱情[20-21]。

2.3.2 水质净化价值

胶州湾湿地的水质净化服务主要体现在对进入海湾内的各种污染物的去除和分解,从而达到处理废弃物与维持水质清洁的目的。据调查,排入胶州湾的主要污染物为 COD、氨氮、总磷[23],除磷除氮的处理成本约为 2500—3000 元/t,除 COD 的恢复成本约为 5570 元/t[24],由此估算出胶州湾滨海湿地生态系统水质净化的价值,如图 4 所示。数据结果显示 2005 年到 2015 年研究区水质净化服务价值由 19.11×10^7元降低到 12.06×10^7元,说明胶州湾滨海湿地的自净能力有所降低,环境容量变小,环境受到破坏。此外,由于水体水质情况下降,水体富营养化程度也在加剧,曾多次出现大面积赤潮[31],赤潮灾害的发生使水中溶解氧减少,不利于水中微生物的生存,水体自净能力降低,进一步加剧水体质量的降低。

2.3.3 提供生境价值

目前,我国初步形成以自然保护区为主,湿地公园和自然保护小区并存,其他保护形式互为补充的湿地保护体系[10]。因此,本文根据采用自然保护区的形式对滨海湿地进行保护和恢复的方式所需要费用的方法对胶州湾滨海湿地生态系统的生境服务功能进行评价。考虑到近年来国家一直在强调生态文明和可持续发展,在这里本文采用中国滨海湿地保护比较完善的上海崇明岛湿地保护投入费用 15000 元/km^2作为胶州湾滨海湿地单位面积提供的生境价值[10]。由此可计算出胶州湾滨海湿地生态系统提供生境服务的价值,如图 4 所示。2005 年到 2015 年胶州湾湿地提供的生境服务价值呈下降趋势,而滨海湿地为各种浅海生物提供了必需的生存环境。由于受人类活动影响,滨海湿地提供生境的价值正在逐步减少,而生存环境面积的减少和质量的降低必然会引起生物多样性下降、植被退化等问题[35]。虽然在本文的计算中胶州湾滨海生态系统所提供的生境价值所占比例较小,但从整体来看,提供生境这一服务功能对整个生态系统的维持和发展都起着至关重要的作用,必须严格加以保护。

2.3.4 气候调节价值

胶州湾湿地作为滨海型湿地,通过水体的蒸发不断与大气之间进行热量的交换,为青岛冬暖夏凉的气候调节起到至关重要的作用。本文采用替代成本法计算胶州湾湿地水面蒸发增加空气湿度、调节气候的价值,水面蒸发提高空气湿度降温以市场上常见的加湿器功率 32W 计算[11,13],将 1m^3 的水转化为蒸汽耗电约 125kWh,由此估算出 2005 年到 2015 年胶州湾湿地生态系统的气候调节价值,如图 4 所示。计算结果表明:胶州湾湿地生态系统的气候调节价值巨大,说明了胶州湾滨海湿地生态系统在气候调节方面的重要作用,也论证了湿地是气候的调节器;从 2005 年到 2015 年胶州湾湿地生态系统的气候调节价值呈下降趋势,主要有两方面原因:一是湿地面积逐年减少,植被覆盖率降低,影响了湿地与大气间的正常循环,降低了湿地对气候的调节作用[31,36],二是气候条件变化较大也不利于植被的生长,影响了湿地的气候调节功能,而湿地气候调节功能的降低又反作用使气候变化更加剧烈。

2.3.5 减缓土壤侵蚀价值

湿地生态系统在减缓土壤侵蚀方面具有重要作用,参考陈忠新和张新时研究结果[28],可计算出胶州湾湿地生态系统减缓土壤侵蚀的价值,如图 4 所示。2005 年、2010 年、2015 年研究区减缓土壤侵蚀的价值呈现出降低趋势。人类不断的沿海开垦,破坏了湿地植被和正常的生态环境,进而破坏了湿地减缓土壤侵蚀的功能,而土壤是大部分生物生存的载体,对于维持生态系统的正常运转起着不可替代的作用[31,37]。

2.3.6 固碳价值和释氧价值

藻类等植物在光合作用下可以吸收固定二氧化碳,减少温室气体的产出,减缓温室效应。依据胶州湾湿地各年份产藻量,根据植物光合作用每生产 1kg 的干物质就能吸收固定 1.63kg 二氧化碳,根据二氧化碳的造

chinaXiv:201801.00481v1

ChinaXiv合作期刊

林成本[10],计算得出研究年份的胶州湾湿地生态系统的固碳价值(图 4)。藻类等植物在光合作用吸收二氧化碳的同时也能释放出氧气,为城市提供氧气。根据光合作用方程,藻类每生产 1kg 干物质就向空气中释放 1.2kg 的氧气,氧气价格采用工业制氧的价格[10],由此可计算出研究年份的胶州湾湿地生态系统的释氧价值。研究年份的胶州湾滨海湿地生态系统提供的固碳和释氧价值均呈上升趋势。

水中的藻类通过进行光合作用和呼吸作用与大气交换二氧化碳和氧气,对维持大气中二氧化碳和氧气的平衡起着至关重要的作用。与上文植物资源价值计算出现的问题一样,由于缺少芦苇等其他植物的数据,因此使固碳和释氧价值的核算结果偏小,但反映出的价值动态变化趋势是可信的。

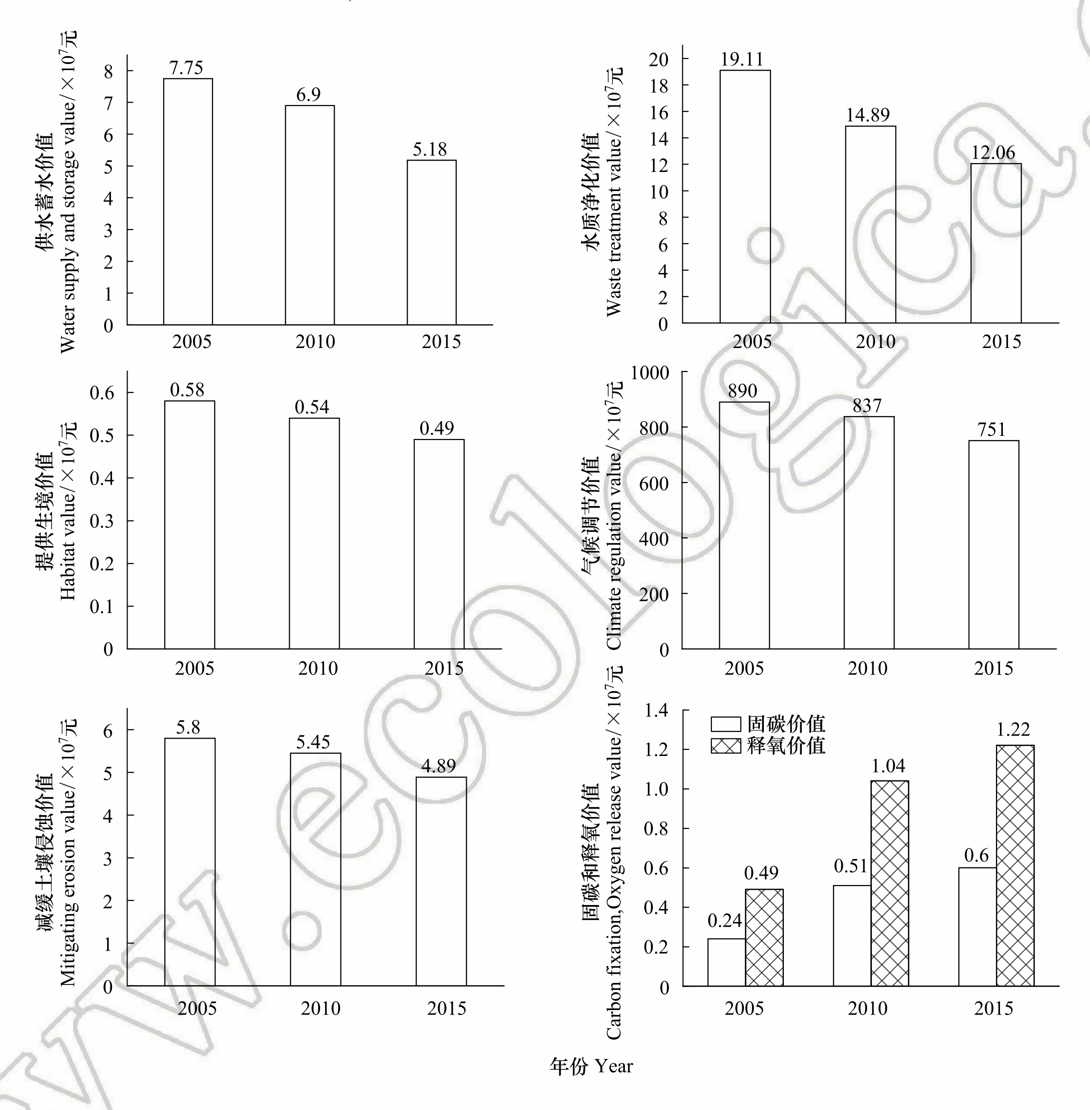


图 4　胶州湾滨海湿地生态系统调节服务价值变化

Fig.4　Changes in regulating service values of Jiaozhou Bay coastal wetland ecosystem

2.4　文化服务价值评估

2.4.1　科研教育

胶州湾滨海湿地独特的生态系统,其中复杂多样的滨海湿地动植物群落、濒危物种以及重要生物候鸟迁徙驿站等在科学研究中占据着重要位置,它们为人类研究与湿地生态系统相关的科学问题提供了材料、研究对象和试验基地,促进了人类对滨海湿地保护的认识。本文采用我国与 Costanza 等[4]研究的平均值作为胶州湾滨海湿地生态系统的单位面积的科研教育价值(参照 2015 年人民币对美元汇率 6.5),据此估算出这些年胶州湾的科研教育价值,如图 5 所示,结果呈下降趋势。生态学意义上,只有在一定面积下的滨海湿地才能为

chinaXiv:201801.00481v1
www.ecologica.cn

ChinaXiv合作期刊

大多数动植物提供核心生存环境，才能维持其生境稳定性，另外，湿地自身的环境也会影响其动植物的生存[38]。因此我们现在亟需提高对湿地生态环境保护的认识，加大对滨海湿地环境的保护力度，提高其科研教育功能。

2.4.2 滨海旅游

胶州湾滨海湿地旅游资源类型多样，有秀丽的湿地生态和滨海滩涂自然风光，具有很高的美学价值。本文通过参考青岛市统计年鉴以及地区景区收入和文献资料整理得出研究年份的胶州湾湿地生态系统的滨海旅游价值。由图可看出研究区滨海旅游价值增长迅速，从 2005 年的 9.23×10^7 元到 2015 年的 31.43×10^7 元，增长了 2 倍多。旅游经济的持续稳步增长在一定程度上说明了社会经济改革的成效[39]，一方面，相比较农业、工业，旅游业对社会资源占用少，贡献多，可以更有效的实现资源的配置，对自然环境的危害较小，更有利于可持续的科学发展；另一方面，旅游业的发展必然也会带来一些新的问题，比如地区人口急剧增多加大对环境的压力[40]。因此在保持旅游经济持续发展的同时，应该合理规划旅游项目，时刻关注环境承载量，在保证不破坏环境的前提下实现经济的又好又快发展[41]。

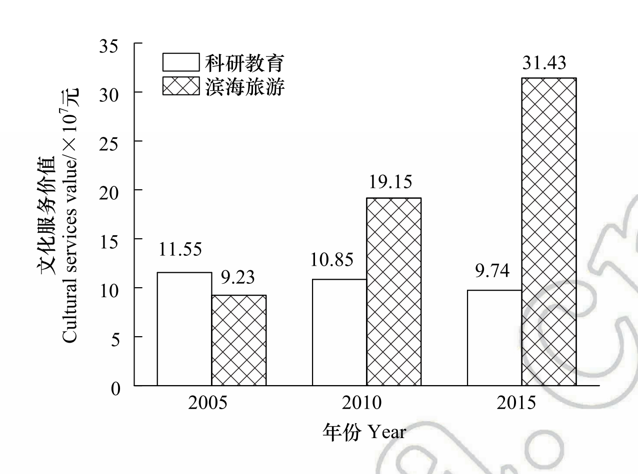


图 5 胶州湾滨海湿地生态系统文化服务价值变化

Fig.5 Changes in cultural service values of Jiaozhou Bay coastal wetland ecosystem

2.5 总价值动态变化评估及驱动因素分析

2005 年、2010 年和 2015 年研究区服务总价值分别为 1419.73×10^7 元、1343.91×10^7 元和 1239.23×10^7 元（表 3），服务价值总体呈递减趋势。在胶州湾 3 类生态系统服务中，按服务价值类型的价值比例从高到低排序为：调节服务>供给服务>文化服务，以调节服务所占比例最大，占到总服务价值的 60%以上，文化服务所占价值比例呈上升趋势。胶州湾滨海湿地生态系统服务中价值最大的是气候调节价值，占总价值的 60%以上，其次是水产品生产价值，占总价值的 30%以上，这两类功能占总价值的 90%以上（图 6），因而，气候调节和水产品生产是胶州湾滨海湿地的核心功能。

表 3 2005 年、2010 年、2015 年胶州湾滨海湿地生态系统服务价值比较/10^7 元

Table 3 Comparison of ecosystem service values of Jiaozhou Bay coastal wetland in 2005, 2010, and 2015

年份 Year	生态系统服务总价值 Total value	供给服务 Provisioning services			调节服务 Regulating services							文化服务 Cultural services	
		水产品生产	植物资源	原盐产出	供水蓄水	水质净化	提供生境	气候调节	减缓土壤侵蚀	固碳	释氧	科研教育	滨海旅游
2005	1419.73	456.47	0.41	18.1	7.75	19.11	0.58	890	5.80	0.24	0.49	11.55	9.23
2010	1343.91	442.51	0.87	4.2	6.90	14.89	0.54	837	5.45	0.51	1.04	10.85	19.15
2015	1239.23	420.51	1.01	1.1	5.18	12.06	0.49	751	4.89	0.60	1.22	9.74	31.43

通过对胶州湾滨海湿地各类服务功能价值汇总获得研究年份胶州湾滨海湿地生态系统服务总价值，服务价值总体呈递减趋势。一方面通过直观的经济数据说明了胶州湾滨海湿地生态系统对人类的直接贡献，揭示了其对人类社会的重要作用；另一方面说明随着人类不合理的土地利用，不断开垦湿地，生态环境遭到破坏，湿地生态系统服务价值也在随之减少。在各类服务中又以调节服务价值所占比重最大（60%以上），说明了胶州湾滨海湿地生态系统不仅在物质生产和精神娱乐方面有巨大的价值，在调节人类生态环境方面价值更为巨大。从 2005 年到 2015 年胶州湾滨海湿地生态系统服务价值结构发生了一些变化，但是气候调节和水产品生产一直是胶州湾的核心功能，这一方面论证了湿地是重要的气候调节器，另一方面也论证了胶州湾是青岛重要的水产品生产基地[31-32]，说明了胶州湾在区域气候调节及水产品生产方面的重要地位。

chinaXiv:201801.00481v1

ChinaXiv合作期刊

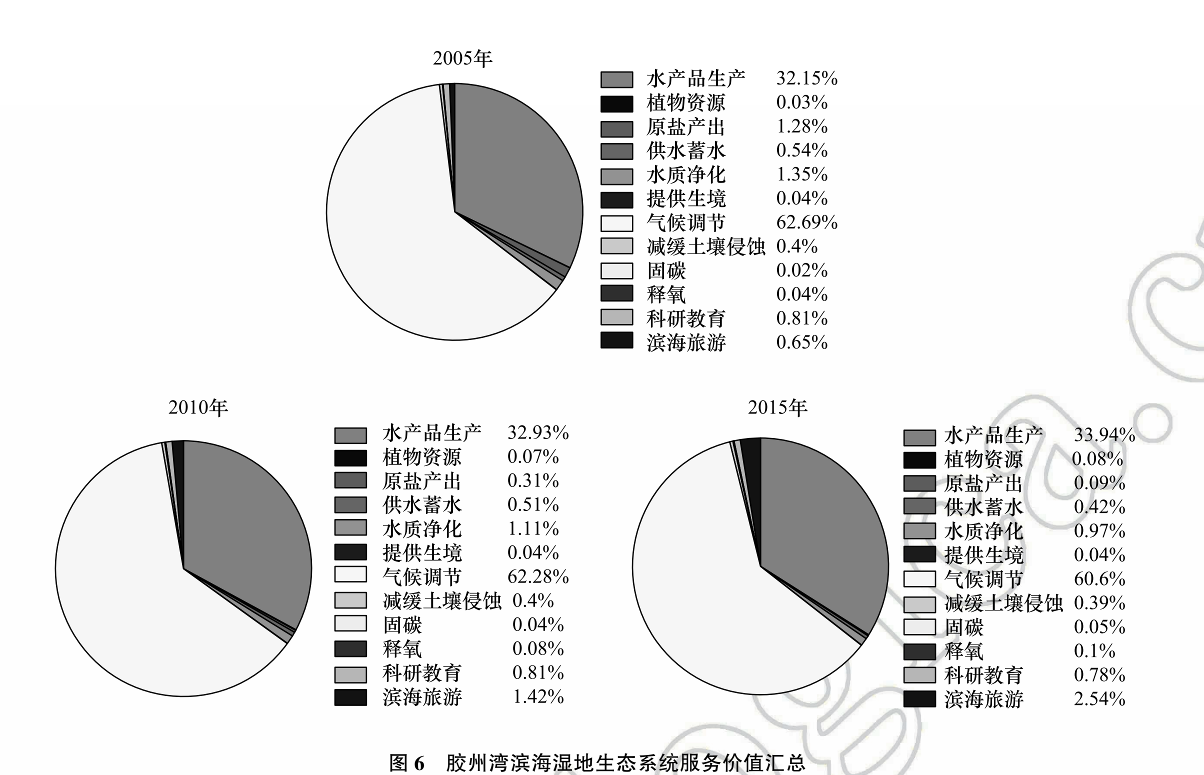


图 6　胶州湾滨海湿地生态系统服务价值汇总

Fig.6　Summary of ecosystem services values of Jiaozhou Bay coastal wetland

胶州湾滨海湿地的大部分服务功能均处于下降趋势,应给予高度重视,特别是作为胶州湾滨海湿地两大核心功能(水产品生产功能和调节气候功能)也一直呈现下降趋势。

本文主要从人为和自然两方面分析胶州湾滨海湿地生态系统服务价值变化的驱动因素。近年来青岛城市化进程的加快,人口急剧增加[42],人类对自然资源的需求量也急剧增长,许多大规模的池塘填埋、修路筑坝、填海造地等不合理的土地围垦[31,35],使得胶州湾湿地面积不断缩小,海湾纳潮量减少,鱼虾及滩涂贝类的生长和繁殖空间大量丧失。单一的作业方式使得生物资源被过度捕捞,胶州湾湿地生态环境受到了严重破坏,生态完整性遭到损坏,海洋生产力下降[28]。同时,大量污染物的排放,也使胶州湾水质不断恶化,加剧了湿地生态功能的退化[22-24]。根据青岛市气象局统计,2010 年降水量较常年同期偏多 36.4mm,但自十月起降水量很少,青岛一些严重地区无有效降水的天数接近百天,从温度方面看,秋季至冬季的气温较常年正常偏高,天气冷暖变化的幅度较大,2015 年年降水量较常年平均值偏少 32.2%,是 1982 年以来降水最少的年份,气温也较常年偏高,偏高幅度在 0.6 到 1.4℃之间。从自然属性来看,气温和降水的这种交替变化非常不利于湿地植被的自然演替和发展[43]。青岛气候呈暖干化发展的趋势也加剧了胶州湾滨海湿地生态环境的恶化。

2.6　与其他研究结果进行对比

通过与其他区域的研究结果对比(表 4),本研究区的单位面积服务价值与其他研究结果处于同一数量级,说明本研究结果具有一定的准确性和科学性。与同为滨海湿地类型的服务价值相比,胶州湾滨海湿地服务价值与浙江省滨海湿地服务价值相差不大,与海南省滨海湿地服务价值有一定差异,这主要是由选取的生态系统服务功能指标的不同造成的;与其他类型的生态系统(扎龙湿地及神农架森林保护区)服务价值相比,评估结果有一定差异,这主要是由生态系统类型以及采用的指标体系和计算方法不同导致的。整体而言,生态系统服务价值评估指标的选取是造成评估结果不同的关键因素。

3　结论

本文通过对胶州湾滨海湿地生态系统进行货币化评估,计算得出 2005 年、2010 年和 2015 年其服务总价

chinaXiv:201801.00481v1

ChinaXiv合作期刊

值分别为 1419.73×10^7元、1343.91×10^7元、1239.23×10^7元,呈递减趋势。2005 年到 2015 年胶州湾滨海湿地生态系统服务价值构成发生了一些变化,但调节服务一直是其主要服务类型,气候调节和水产品生产一直是其两大主要核心功能。不合理的土地围垦、生物资源的过度利用、严重的污染物排放是导致湿地面积减少,功能退化的人为因素,气候条件的不利变化是导致湿地生态环境进一步恶化的自然因素。

表 4 不同研究区价值评估结论的差异比较

Table 4 Variation of evaluation results for the different area

研究区域 Area	评估基准年 Year	研究结果/(元/hm²) Results	生态系统服务功能 Ecosystem functions	文献 References
扎龙湿地	2010	30.21×10^4	①②④⑤⑦⑨⑩	[11]
海南省滨海湿地	2012	30.32×10^4	①④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	[29]
神农架森林保护区	2012	29.00×10^4	①④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	[9]
浙江省滨海湿地	2014	36.28×10^4	①②④⑤⑦⑧⑨⑩	[27]
胶州湾滨海湿地	2005	37.07×10^4	①②④⑤⑦⑧⑨⑩	本研究
	2010	37.33×10^4		
	2015	38.37×10^4		

为便于比较部分结果经过了数量级变换,Costanza(1997)将生态系统服务功能分为 17 类,我国在评价实践中多可归为以下 10 类:①气体调节;②气候调节;③干扰调节;④侵蚀控制/土壤保持;⑤涵养水源;⑥营养物质循环;⑦废物处理;⑧栖息地/生物多样性维持;⑨有机物质生产;⑩休闲娱乐

近年来生态系统服务价值评价已经取得了很大进展,未来的研究应该不仅在于进一步加强价值核算的准确性,更应该考虑如何将评价结果纳入管理决策体系中,为有关湿地生态补偿等事务提供数据支撑,使湿地生态系统服务价值研究走向实践。为保证胶州湾滨海湿地和人类社会经济的可持续发展,建议以生态系统服务功能价值评估为指导,对现有湿地实施合理利用和有效保护,加强胶州湾滨海湿地的生态环境恢复。

参考文献(References):

[1] United States Environmental Protection Agency (USEPA). Valuing the Protection of Ecological Systems and Services. Washington DC: US EPA, 2009.

[2] The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB). The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations. London and Washington: Earthscan, 2010.

[3] 程敏, 张丽云, 崔丽娟, 欧阳志云. 滨海湿地生态系统服务及其价值评估研究进展. 生态学报, 2016, 36(23):7509-7518.

[4] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farberparallel S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Suttonparallelparallel P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 1997, 387(6630): 253-260.

[5] Sarukhán J, Whyte A, Hassan R, Carpenter S T, Pingali P L, Bennett E M, Zurek M B, Chopra K, Leemans R, Kimar P, Simons H, Capistrano D, Samper C K, Lee M J. Millennium ecosystem assessment: ecosystems and human well-being: synthesis. Washington DC: Island Press, 2005.

[6] Adekola O, Mitchell G, Grainger A. Inequality and ecosystem services: the value and social distribution of Niger Delta wetland services. Ecosystem Services, 2015, 12: 42-54.

[7] Luisetti T, Turner R K, Jickells T, Andrewsc J, Elliottd M, Schaafsmab M, Beaumonte N, Malcolma S, Burdond D, Adamsc C, Wattsf W. Coastal zone ecosystem services: from science to values and decision making; a case study. Science of the Total Environment, 2014, 493: 682-693.

[8] Camacho-Valdez V, Ruiz-Luna A, Ghermandi A, Nunes P A L D. Valuation of ecosystem services provided by coastal wetlands in northwest Mexico. Ocean & Coastal Management, 2013, 78: 1-11.

[9] 刘永杰, 王世畅, 彭皓, 李镇清. 神农架自然保护区森林生态系统服务价值评估. 应用生态学报, 2014, 25(5): 1431-1438.

[10] 王斌, 杨校生, 张彪, 张灿强, 杨艳刚, 魏斌, 格日乐图. 浙江省滨海湿地生态系统服务及其价值研究. 湿地科学, 2012, 10(1):15-22.

[11] 崔丽娟, 庞丙亮, 李伟, 马牧源, 孙宝娣, 张亚琼. 扎龙湿地生态系统服务价值评价. 生态学报, 2016, 36(3):828-836.

[12] 夏涛, 陈尚, 张涛, 王敏. 江苏近海生态系统服务价值评估. 生态学报, 2014, 34(17): 5069-5076.

[13] 江波, 欧阳志云, 苗鸿, 郑华, 白杨, 庄长伟, 方瑜. 海河流域湿地生态系统服务功能价值评价. 生态学报, 2011, 31(8): 2236-2244.

chinaXiv:201801.00481v1

www.ecologica.cn

ChinaXiv合作期刊

[14] Yu Y H, Suo A N, Jiang N. Response of ecosystem service to landscape change in Panjin Coastal Wetland. Procedia Earth and Planetary Science, 2011, 2: 340-345.

[15] 青岛统计局, 国家统计局青岛调查队. 青岛统计年鉴. 青岛: 中国统计出版社, 2006.

[16] 青岛统计局, 国家统计局青岛调查队. 青岛统计年鉴. 青岛: 中国统计出版社, 2011.

[17] 青岛统计局, 国家统计局青岛调查队. 青岛统计年鉴. 青岛: 中国统计出版社, 2016.

[18] 于本杰. 加强盐田保护 促进山东盐业健康发展. 中国盐业, 2014, (5): 28-31.

[19] 纪家栋. 加强保护与开发监管 确保盐田资源可持续利用. 中国盐业, 2011, (10): 28-29.

[20] 吕相娟, 王凤兰, 张民凯, 潘国荣. 山东省 1971—2008 年蒸发量气候特征分析. 山东气象, 2010, 30(1): 20-23.

[21] 李磊, 马振宇, 王备. 青岛市大沽河干流洪水资源特征分析. 治淮, 2015, (7): 10-11.

[22] 张帆, 葛长字, 陈聚法, 任一平. 胶州湾大沽河口潮滩水体 N、P 营养盐的时空分布. 海洋湖沼通报, 2012, (2): 59-68.

[23] 王艳玲, 许颖, 孙立娥. 胶州湾水质状况及污染源分析. 中国环境管理干部学院学报, 2015, (4): 86-89.

[24] 郑琳, 崔文林, 刘艳, 王晓东, 杨晓飞. 青岛市近岸海域环境状况及变化趋势研究. 海洋通报, 2013, 32(4): 446-451.

[25] 岳玲莉, 高会旺, 刘明君, 邹涛, 陈小燕. 利用胶州湾水环境指标分析青岛市环境经济关系. 海洋环境科学, 2016, 35(1): 106-112.

[26] 张艳艳, 孔范龙, 郗敏, 李悦, 訾园园. 青岛市湿地保护红线划定研究. 湿地科学, 2016, 14(1): 129-136.

[27] 宁潇, 吴伟志, 胡咪咪, 邵学新, 张小伟, 吴明. 浙江省滨海湿地生态服务功能价值初步研究. 湿地科学与管理, 2016, 12(4): 22-26.

[28] 陈仲新, 张新时. 中国生态系统效益的价值. 科学通报, 2000, 45(1): 17-22.

[29] 丁冬静, 李玫, 廖宝文, 但新球. 海南省滨海自然湿地生态系统服务功能价值评估. 生态环境学报, 2015, 24(9): 1472-1477.

[30] 赖敏, 吴绍洪, 尹云鹤, 潘韬. 三江源区基于生态系统服务价值的生态补偿额度. 生态学报, 2015, 35(2): 227-236.

[31] 赵丽霞. 胶州湾滨海湿地生态系统服务功能研究及评价[D]. 青岛: 青岛大学, 2013.

[32] 翟璐, 韩东燕, 傅道军, 张崇良, 薛莹. 胶州湾及其邻近海域鱼类群落结构及与环境因子的关系. 中国水产科学, 2014, 21(4): 810-821.

[33] 王翔宇, 吕芳, 詹冬梅, 李美真. 养殖海藻种质资源保存研究进展. 水产科学, 2013, 32(6): 368-372.

[34] 张绪良, 叶思源, 印萍, 谷东起. 莱州湾南岸滨海湿地的生态系统服务价值及变化. 生态学杂志, 2008, 27(12): 2195-2202.

[35] 谢文霞, 李晓燕, 于蓉蓉, 崔育倩, 程雅妮. 胶州湾湿地的退化影响因素与生态修复建议. 海洋科学, 2012, 36(10): 99-106.

[36] Sun X, Li Y F, Zhu X D, Cao K, Feng L. Integrative assessment and management implications on ecosystem services loss of coastal wetlands due to reclamation. Journal of Cleaner Production, 2015.

[37] Chen Z M, Chen G Q, Chen B, Zhou J B, Yang Z F, Zhou Y. Net ecosystem services value of wetland: environmental economic account. Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, 2009, 14(6): 2837-2843.

[38] 张翼然, 周德民, 刘苗. 中国内陆湿地生态系统服务价值评估——以 71 个湿地案例点为数据源. 生态学报, 2015, 35(13): 4279-4286.

[39] 张广海, 汪立新. 山东省旅游产业结构变迁对旅游经济增长的贡献研究. 青岛职业技术学院学报, 2016, 29(1): 75-81.

[40] 柴寿升, 龙春凤, 邓丽媛. 青岛旅游业对区域产业结构优化的贡献研究. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(6): 152-157.

[41] 刘晨. 实现青岛旅游业品质化提升的对策研究. 环渤海经济瞭望, 2016, (3): 10-12.

[42] 杨林, 刘耀雷. 基于 P-E-R 模型城市人口承载力的判断与提升路径研究——以青岛市为例. 经济与管理评论, 2016, (3): 139-145.

[43] 严恩萍, 林辉, 王广兴, 夏朝宗. 1990—2011 年三峡库区生态系统服务价值演变及驱动力.生态学报, 2014, 34(20):5962-5973.

chinaXiv:201801.00481v1

www.ecologica.cn